



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

HITSAUKSEN AUTOMATI- SOINTI MIG/MAG -MENE- TELMÄLLÄ

Hydroline Oy

TEKIJÄ/T: Joonas Pyykönen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Joonas Pyykönen	
Työn nimi Hitsauksen automatisointi MIG/MAG -menetelmällä	
Päiväys	Sivumäärä/Liitteet
Ohjaaja(t) Projekti-insinööri Kari Solehmainen ja projekti-insinööri Milla-Riina Turunen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Hydroline Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia ja kokeilla, voiko Hydroline Oy:lla tällä hetkellä käytössä olevan TIG-hitsausprosessin korvata MIG/MAG-hitsausmenetelmällä sylinteriputkien päätyjen tulppien hitsauksessa. Lisäksi tutkittiin mahdollisuutta osittain automatisoida hitsausprosessia ja suunnitella helposti siirrettävä hitsaussolu tulppien hitsaukseen. Työn tarkoituksena oli myös selvittää hitsausprosessin automatisoinnin mahdollisuutta MIG/MAG-menetelmällä, koska käsin hitsaamalla työ on hankalaa ja vaativaa hitsaajalle.</p> <p>TIG-hitsatut koekappaleet saatiin Hydroline Oy:lta ja MIG/MAG-hitsatut koekappaleet valmistettiin Savonia-ammattikorkeakoulun Hit-Savonia tiloissa robottihitsaamalla. Koekappaleista valmistettiin hieet, joista mitattiin Vickers-kovuudet ja lisäksi hieistä tarkasteltiin tunkeumaa silmämääräisesti. Solidworks -ohjelmalla suunniteltiin 3D-malli helposti purettavasta ja siirrettävästä hitsaussolusta.</p> <p>Tutkimuksessa selvisi, että vanha hitsausmenetelmä voidaan korvata MIG/MAG -hitsausmenetelmällä, joka voidaan ainakin osittain automatisoida. Hitsistä saatiin tasalaatuisempi ja tunkeumaltaan parempi. Tilaa hyväksyi hitsausmenetelmän muuttamisen. Hitsaussolusta saatiin mallinnettua yrityksen tarpeita vastaava.</p>	
Avainsanat Hitsausrobotti, hitsaus, robotiikka, sylinteri, TIG, MIG/MAG	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Joonas Pyykönen			
Title of Thesis Automating the welding by the MIG / MAG method			
Date		Pages/Appendices	
Supervisor(s) Project Engineer Kari Solehmainen and Project Engineer Milla-Riina Turunen			
Client Organisation /Partners Hydroline Oy			
<p>Abstract</p> <p>The aim of this thesis was to research and test if it is possible to replace the TIG welding process that the client organization is currently using by a MIG/MAG welding process when welding the plugs of the cylinder pipes' ends. Also, a possibility of automating the welding process was partly researched and a transferable welding cell was designed. The research was conducted for Hydroline Ltd.</p> <p>By research it was wanted to resolve if it is possible to produce as high-quality welds by the MIG/MAG welding process as the TIG welding process produces. The aim of this project was also to solve if there's a possibility to automate the welding process because the manual welding is difficult and challenging for the welder.</p> <p>The TIG welded prototypes were got from Hydroline Ltd. and the MIG/MAG welded prototypes were produced in Savonia University of Applied Sciences by robot welding. The microsections were made from the prototypes. Vickers hardness was measured from the microsections and a visual estimation was done for the welding penetration. 3D model of dismountable and moveable welding cell was designed by Solidworks.</p> <p>The research proved that the old welding process can be replaced by the MIG/MAG welding process which can be at least partly automated. The weld had more uniform quality and it had a better welding penetration. The client organization accepted the change of the welding process. The modelled welding cell met the needs of the client organization.</p>			
<p>Keywords welding robot, welding, robotic, cylinder, TIG, MIG/MAG</p>			

ESIPUHE

Opinnäytetyö tehtiin Savonia-ammattikorkeakoulussa yhteistyössä Hydroline Oy:n kanssa. Työn valvojina toimivat projekti-insinöörit Kari Solehmainen ja Milla-Riina Turunen. Haluan kiittää heitä ja varsinkin Esa Jääskeläistä opinnäytetyön loppuun saattamisesta.

Kuopiossa 29.12.2017

Joonas Pyykönen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	HYDROLINE OY	7
3	HITSAUS	8
3.1	MIG/MAG-hitsaus	8
3.2	TIG-hitsaus	9
3.3	Hitsausliitoksen rakenne	9
3.4	Hitsattavuus	10
4	ROBOTIIKKA	12
4.1	Hitsausrobotiikka	13
4.2	Ohjelmointi	13
4.2.1	Johdattamalla ohjelmointi	14
4.2.2	Opettamalla ohjelmointi	14
4.2.3	Offline-ohjelmointi	14
4.2.4	Taluttamalla ohjelmointi	14
5	HITSAUSTYÖN TOTEUTUS	16
6	MATERAALITUTKIMUS	19
6.1	Hieen valmistus	19
6.2	Kovuusmittaukset	20
7	HITSAUSSOLU	23
7.1	Alkutilanne	23
7.2	Robottisolun valmistus	24
8	YHTEENVETO	25
	LÄHTEET	26
	LIITE 1: HIEET	27
	LIITE 2: HITSAUSPARAMETRIT	28

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä selvitetään, voiko MIG/MAG-hitsausmenetelmällä korvata hydraulisylinterin päätykappaleen porakanavien tulppahitsauksen. Lisäksi opinnäytetyössä suunnitellaan 3D-malli pu-
rettavasta ja liikuteltavasta hitsaussolusta. Tällä hetkellä kohdeyrityksessä käytetään TIG-hitsausme-
netelmää, mikä tekee työstä hitsaajalle vaativaa ja yksitoikkoista. Lisäksi hitsausprosessi on hidas.
Hitsauksen laadun täytyy olla MIG/MAG-menetelmällä vähintään yhtä laadukasta ja lujaa kuin ny-
kyistä hitsausmenetelmää käyttäen, jotta hitsi kestää suuret hydrauliset paineet ja paineen vaihtelut.

Opinnäytetyössä verrattiin TIG- ja MIG/MAG-hitsausprosessien eroavaisuuksia mm. kovuusmittauk-
silla sekä tarkastelemalla tunkeumia silmämääräisesti. Kohdeyrityksessä oli jäänyt toisesta proses-
sista ylimääräiseksi Fanuc ARC Mate 120i -robotti ja toiveena oli ottaa se käyttöön tähän prosessiin.

Opinnäytetyön tilaaja on Hydroline Oy. Hitsattavista koekappaleista osa valmistettiin Savonian Hit-
Savonia -hitsauslaboratorissa, ja osa saatiin suoraan kohdeyritykseltä.

Hydroline Oy halusi saada hitsausprosessista nopeamman ja tasalaatuisemman. Lisäksi työntekijöitä
voitaisiin siirtää vähemmän kuormittaviin hitsaustöihin.

2 HYDROLINE OY

Hydroline Oy on Suomen suurin hydraulisylintereiden valmistukseen erikoistunut yritys ja on yksi maailman nykyaikaisimmista hydraulisylintereitä valmistavista laitoksista.

Nykyaikaiset tuotantolaitokset sijaitsevat Siilinjärven Vuorelassa sekä 2014 toimintansa aloittaneessa Puolan yksikössä.

Yrityksen perusti Helge Laakkonen vuonna 1962. Yritys toimi aluksi yhden henkilön metallisorvaimona, mutta 1970-luvulla työntekijöitä oli jo noin kymmenen. Yritys muutti nykyisiin toimitiloihinsa 1980-luvulla ja toimitusjohtajaksi nimitettiin Pekka Laakkonen. 1990-luvulla yrityksen nimeksi tuli Hydroline Oy ja samalla alettiin keskittyä ainoastaan hydraulisylintereiden valmistukseen. Nykyisin yrityksen toimitusjohtajana toimii Mikko Laakkonen ja työntekijöitä on noin 200 henkilöä. (Hydroline Oy, 2017.)

3 HITSAUS

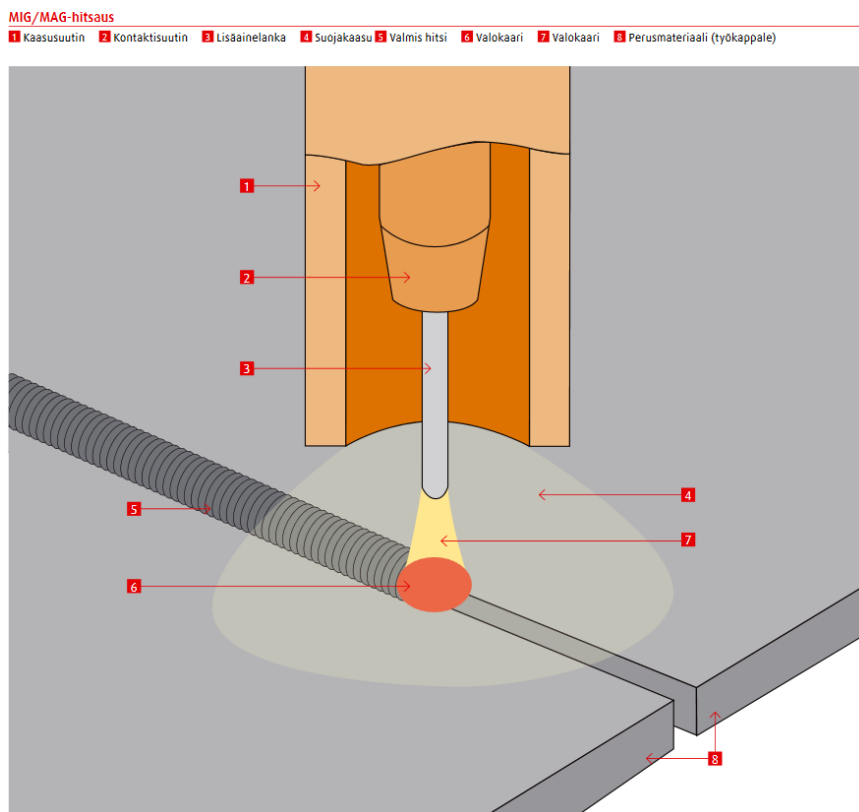
Hitsauksella tarkoitetaan osien liittämistä yhteen lämmön ja/tai puristuksen avulla, jolloin osat muodostavat jatkuvan yhteyden. Hitsauksessa voidaan käyttää apuna lisäainetta, jonka sulamispiste on hyvin lähellä perusaineen sulamispistettä. Hitsaus voidaan suorittaa myös ilman lisäaineita.

Useimmissa hitsausmenetelmissä sulatetaan liitettävien osien railopinnat ja hitsauslisäaineet yhteen lämmön avulla. Tämän avulla saadaan hitsisula, joka liittää osat yhteen ja jähmettyy hitsiksi. (Esab Oy, 2016.) Tässä opinnäytetyössä käsitellään TIG- ja MIG/MAG-hitsausmenetelmää.

3.1 MIG/MAG-hitsaus

MIG/MAG-hitsaus (Metal Inert Gas tai Metal Active Gas welding) on kaasuhitsausprosessi, jossa hitsauslangan ja työkappaleen välissä palaa valokaari suojakaasun ympäröimänä. Langansyöttölaite syöttää hitsauslankaa tasaisella nopeudella hitsauspistoolin kautta valokaareen (kuva 1) (Esab Oy, 2016.)

MIG/MAG-hitsauksessa virtalähteenä käytetään vakiojännitetasasuuntaajaa, joka saa valokaaren pidettyä hitsauksen aikana säädettyjen arvojen mukaisena. Valokaaren pituuden muuttuessa hitsauskone säättää hitsausvirtaa automaattisesti tietyissä rajoissa. Kun hitsauspistoolia viedään työkappaletta kohti, jännite laskee ja valokaari lyhenee. Tämän vuoksi virtalähde nostaa hetkellisesti virtaa, jotta jännite ja valokaaren pituus palautuvat säädettyihin arvoihin. Kun hitsauspistoolia viedään työkappaleesta poispäin, jännite ja kaaren pituus kasvavat (Tuomo Kuusisto, 2014).



Kuva 1. MIG/MAG -hitsauksen periaate (Oy AGA Ab, 2017.)

3.2 TIG-hitsaus

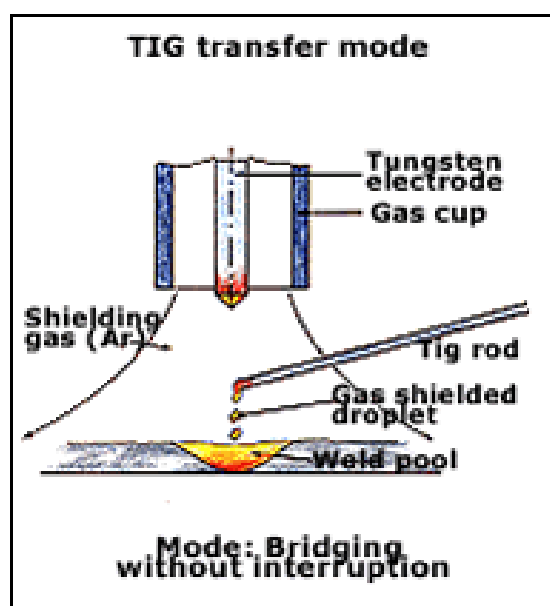
TIG-hitsaus (Tungsten Inert Gas Arc Welding) on kaasukaarihitsausta, jossa sulamattoman volframielektrodin ja hitsattavan kappaleen välissä palaa valokaari suojakaasun ympäröimänä (kuva 2).

Suojakaasuna käytetään aina inerttistä kaasua, joka on yleensä argonia.

Hitsaus voidaan suorittaa ilman lisäaineita, mutta yleensä käytetään apuna lisäainelankaa. Lisäainelanka on noin 1 000 mm pitkä, suora ja paljas ja sen kemiallinen koostumus on yleensä samanlainen kuin hitsattava materiaali.

TIG-hitsaus on yleinen hitsausmenetelmä teollisuudessa. Yleisesti sitä käytetään vaativien putkistojen, ruostumattoman teräksen, alumiinin ja erikoismetallien hitsaukseen.

TIG-hitsauksen etuina ovat esimerkiksi hyvä tunkeuman ja hitsisulan hallinta sekä saadaan metallurgisesti puhdas ja kuonaton hitsi (Esab Oy, 2016.)



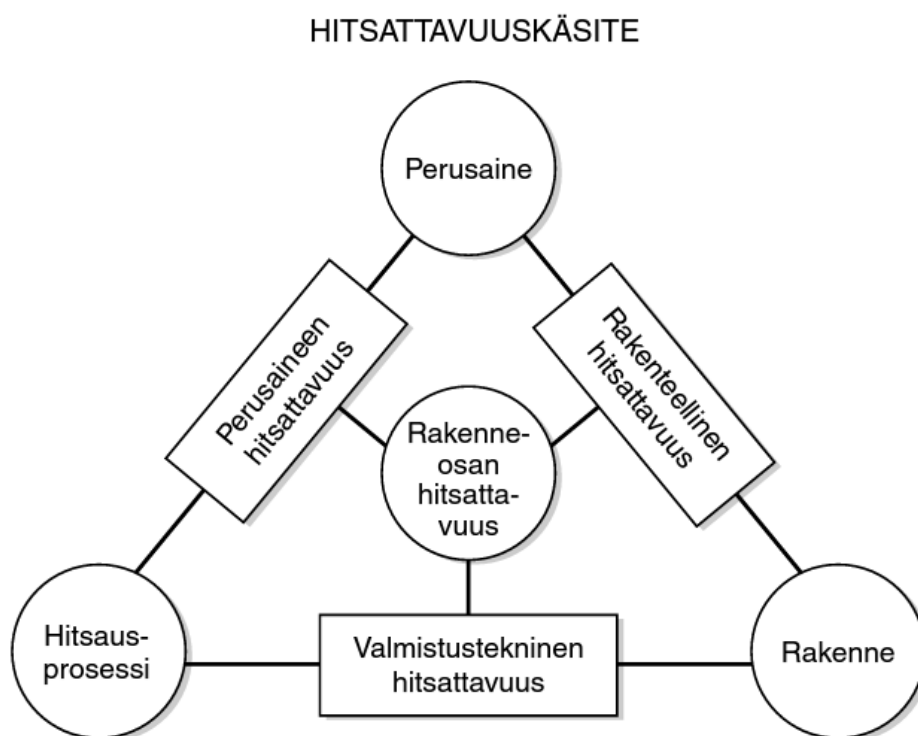
Kuva 2. TIG-hitsauksen periaate (Esab Oy, 2017.)

3.3 Hitsausliitoksen rakenne

Kun hitauksena aikana hitsin sulaneen alueen kiderakenne on muodostunut valumaiseksi, on perusaineen ja lisäaineen sulamislämpötila ylittynyt. Hitsin keskelle jää puhtaan lisäaineen muodostama alue. Kun keskialueelta siirrytään perusaineeseen päin, tullaan lisäaineen ja perusaineen muodostamalle seostuneelle vyöhykkeelle, joka rajoittuu perusaineen sulantunkeumarajaan asti. Sekoittumistaso riippuu hitsausmenetelmästä, railonmuodosta, hitsausparametreistä ja hitsauspalkojen määrästä. Kun hitsataan suurilla hitsausvirroilla, aineet sekoittuvat keskenään paremmin, ja sulantunkeumaraja siirtyy perusaineessa syvemmälle. Kapeassa hitsausrailossa seostumisen aikana perusaineen osuus kasvaa verrattuna lisäaineeseen. (Lepola; Makkonen, 2005. s. 24)

3.4 Hitsattavuus

Hitsattavuutta määritellessä on otettava huomioon hitsattavan tuotteen kokonaisuus (kuva 3). Tähän sisältyy annetut vaatimukset rakenteelle, perusaineen ominaisuudet ja valmistuksen asettamat vaatimukset ja rajoitteet. Hitsattavuuden voidaan sanoa olevan sitä parempaa, mitä vähemmän tarvitsee tehdä esivalmisteluja ennen hitsausta, mitä vähemmän tarvitaan jälkikäsittelyä hitsauksen jälkeen ja mitä vapaammin voidaan valita hitsausmenetelmä. (Lepola; Makkonen. 2005, s. 28)



Kuva 3. Hitsattavuuskäsite (Lepola; Makkonen, 2005. s. 28.)

Terästen hitsattavuuteen vaikuttavat käytetyt seosaineet ja niiden määrät. Teräksen hitsattavuutta arvioidessa perusteet ovat taipumus kuuma- tai kylmähalkeamiin ja vanhenemiseen ja eri vyöhykkeiden sitkeysarvot hitsausliitoksessa. Seostamattomassa teräksessä hiilipitoisuuden ollessa alle 0.22%, sen katsotaan olevan hyvä hitsattavuudeltaan.

Hiilikvalentin avulla voidaan ottaa seosaineiden vaikutukset huomioon:

$$CEV = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$


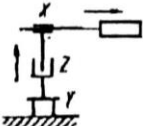


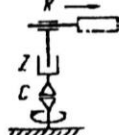




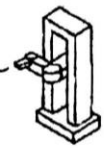
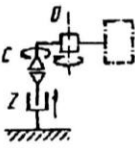


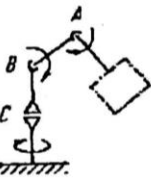


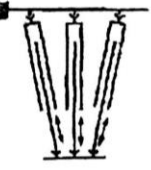

Kun teräksen CEV arvo on alle 0,41, se on hyvä hitsattava kylmähalkeamisen varalta.

Seostamattomien ja niukkaseosteisten terästen myötölujuusluokaan 355N/mm² ja max 25mm ainepaksuuteen saakka hitsattavuuden katsotaan olevan hyvä. Tätä suuremmat lujuusluokat

aiheuttavat suuria jäännösjännitystiloja, jotka täytyy ottaa huomioon hitsausta suunnitellessa. (Lepola; Makkonen, 2005. s. 30)

4 ROBOTIIKKA

Robotti määritellään kansainvälisen robotiikkayhdistyksen mukaan laitteeksi, jossa on vähintään kolme liikkuva niveltä ja se voidaan ohjelmoida uudelleen. (kuva 4) (Kuivanen, 1999. s. 13) Tässä opinnäytetyössä käsitellään ainoastaan hitsausrobotteja.

Nimitys pääakselien mukaan	Rakenne	Kinemaattinen kaavio	Työalue
Suorakulmainen robotti			
Sylinterirobotti			
Napa-koordinaatisto-robotti			
Scara-robotti			
Kiertyvänivelinen robotti			
Rinnakkaisrakenteinen robotti			

Kuva 4. Robottityypit (Kuivanen, 1999.)

4.1 Hitsausrobotiikka

Hitsausrobotti (kuva 5) on tavallinen teollisuuden robotti, jossa on työkaluna esim. kaarihitsauspistooli. Suomessa suosituin on ihmiskättä muistuttava kiertyvänivelinen hitsausrobotti, jolla on kuusi vapausastetta ja kolme niistä on kiertyviä akseleita. Robotti saa yleensä voimansa useasta servomootoreista, jotka sijaitsevat jokaisessa robotin nivelessä. Hitsausrobottia voidaan käyttää myös muissa työtehtävissä, kun hitsauspistoolin tilalle vaihdetaan toisenlainen työkalu. (Kuivanen, 1999. s. 15-17)



Kuva 5. ABB:n hitsausrobotti (ABB Oy 2016.)

4.2 Ohjelmointi

Ohjelmoinnin pääasiallinen tehtävänä on saada robotin työkalu liikkumaan halutulla tavalla. Ohjelmoinnilla on myös keskeinen tavoite saada robotti liikkumaan yhdessä muiden siihen kytkettyjen laitteiden kanssa. (Keinänen; Kärkkäinen; Metso & Putkonen, 2001. s. 313)

Ensimmäisten robottien ohjelmointi oli toteutettu siten, että nivelet ajettiin rajatkaisijoita päin yksi vaihe kerrallaan sähkömekaanisten kytkentöjen avulla. Myöhemmin käden liikkeitä opetettiin johdattamalla, jolloin niveltä paikka-anturit tallensivat tietoa ja toistivat näitä liikkeitä. Opettamalla ohjelmointi on yleisin tapa ohjelmoida robotin liikeratoja. (Kuivanen, 1999. s. 78)

4.2.1 Johdattamalla ohjelmointi

Johdattamalla ohjelmoitaessa ihminen liikuttaa lihasvoimin robotin työkalua pitkin haluttua liikerataa, joka tallentuu robottiohjaimen muistiin. Tällöin robotti pystyy toistamaan liikeradan, joka sille on opetettu. Johdattamalla ohjelmoidaan yleensä esimerkiksi maalausrobotteja, joiden liikeradoilta ei vaadita suurta tarkkuutta. Johdattamalla ohjelmoinnin heikkouksia ovatkin hieman epätarkat liikera-dat ja työläs muunneltavuus. (Keinänen; Kärkkäinen; Lähetkangas & Sumujärvi, 2007, s. 262)

4.2.2 Opettamalla ohjelmointi

Opettamalla ohjelmoitaessa merikttävimmässä osassa on käsiohjain, jota käyttämällä työkalu vie-dään haluttuun paikkaan. Tämän jälkeen paikka tallennetaan robottiohjaimen muistiin.

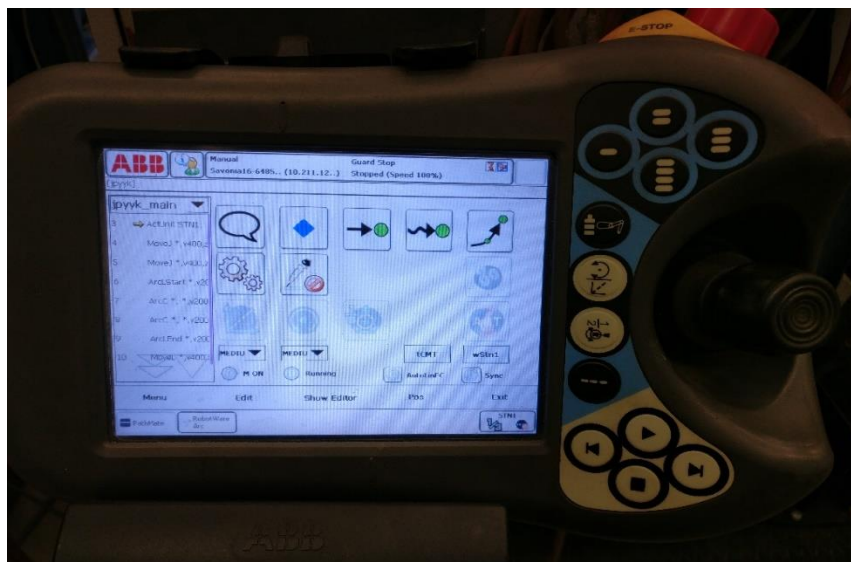
Opettamalla ohjelmointia käytetään yleisesti paletointi- ja pakkaussovelluksissa, joissa halutut liik-keet voidaan toteuttaa pisteestä pisteeseen komennoin. (Keinänen; ym, 2007, s. 262)

4.2.3 Offline-ohjelmointi

Tietokoneella ohjelmointia, joka suoritetaan ilman robottia, kutsutaan Offline-ohjelmoinniksi. Jokai-sella robottivalmistajalla on omat ohjelmointikielensä ja ohjelmistonsa, joilla saadaan tarkasti simu-loitua 3D- mallit robotista ja sen liikeradoista. Nykyisin lähes kaikkia robottimalleja voidaan ohjel-moida myös IRL (International Robot Language) -kielellä. Offline-ohjelmoinnin etuja ovat tarkka 3D-mallinnos robotin liikeradoista sekä monipuoliset ohjelmointi- ja liikekäskyt. Ohjelmoinnin vuoksi ro-bottia ei myöskään tarvitse pysäyttää. (Keinänen; ym, 2007, s. 262)

4.2.4 Taluttamalla ohjelmointi

Taluttamalla ohjelmointi yhdistää opettamalla ja johdattamalla ohjelmoinnin. Siinä robotin työkalua liikutetaan servomootoreiden ja ranteessa olevan voima-anturin avulla haluttuun paikkaan. Liikera-dan pisteet tallennetaan samalla tavalla kuin opettamalla ohjelmoinnissa. Esimerkiksi Savonia-am-mattikorkeakoulu on kehittänyt PathMate-ohjelmiston ABB:n hitsausrobotteihin. (kuva 5.)



Kuva 6. PathMate -ohjelmisto (Pyykönen, 2016.)

5 HITSASTYÖN TOTEUTUS

Työ toteutettiin Savonia-ammattikorkeakoulun HIT-Savonian tiloissa ja laitteilla. Hitsausrobotina toimi ABB IRB-1600, jossa on ForceControl -voimaohjausjärjestelmä (kuva 7). Lisäksi robotin ohjaukseen on liitetty servo-ohjattu L-mallinen pöytä, jonka kantavuus on 500 kg. Robotin virtalähteenä toimi Froniuksen CMT Advanced 4000. Robottia voidaan ohjelmoida Offline-tilassa Robotstudio-ohjelman avulla tai taluttamalla opettamalla. Robotin ohjelmoinnissa käytettiin Savonia PathMate-käyttöliittymää.



Kuva 7. Hitsauksessa käytetty hitsaussolu (Pyykönen, 2016).

Koekappaleiden (kuva 8) hitsaaminen aloitettiin asettamalla hitsausarvot ja parametrit kokemukseen pohjautuvilla tiedoilla kohdalleen. Lisäaineena käytettiin aluksi Lingoln Electirc G46 4 M / 42 3 C 3Si1 \varnothing 1,0 mm hitsauslankaa, mutta se vaihdettiin lopulta Lingoln Electirc G46 4 M21 / 42 3 C1 3Si1 \varnothing 0,8mm hitsauslankaan. Aluksi hitsausarvoja hienosäädettiin aistinvaraisesti hitsauksen aikana. Kun hitsausprosessista saatiin vakaa, hitsit halkaistiin ja niitä tarkasteltiin silmämääräisesti. Tämän jälkeen hitsausarvoja säädettiin uudelleen, kunnes hitsistä saatiin halutun kaltainen.



Kuva 8. Hitsauksessa käytetty koekappale, kanavan halkileikkauskuva ja tulpat (Pyykönen, 2016.)

Koekappaleiden hitsausprosessi tuotti alussa haasteita materiaalien ainevahvuuserojen takia. Alussa tulpat sulivat kokonaan liian kovan hitsausvirran vuoksi. Hitsausvirran määrää laskettaessa puolestaan ei saatu kunnollista tunkeumaa aikaiseksi. Hitsauslanka vaihdettiin ohuempaan, jotta hitsin kohdistus olisi helpompaa ja hitsausprosessi helpommin hallittavissa. Hitsauslanka piti kohdistaa aavistuksen verran rungon puolelle, jottei tulppa pääsisi sulamaan. Prosessista saatiin vakaa, hitsistä lähes roiskeeton ja kuvusta kohtalaisen tasainen (kuva 9). Hitsin aloitus- ja lopetuskohdassa tunkeuma jäi hieman vajaammaksi, mitä ei saatu ratkaistua kokonaan tämän projektin aikana. Liitteessä 3 on hitsaukseen annetut parametrit ja hitsausarvot.

MIG/MAG hitsauksessa roiskeiden syntyminen on suurempaa verrattuna TIG-hitsaukseen, joten hitsausparametrit täytyy etsiä kohdalleen. Tällä tavalla vältetään ylimääräiset roiskeet, jotka voivat irrota hajoittaen sylinterin tiivisteet ja venttiilit.



Kuva 9. MIG/MAG-hitsattu koekappale (Pyykönen, 2016.)

Hitsauskokeiden aikana tuli vastaan tilanteita, jolloin hitsauksen alussa valokaari ei syttynyt heti ensimmäisellä yrityksellä. Tästä seurasi se, että osa tulpista pyörähti vinoon. Ongelman voi ratkaista esimerkiksi hitsauslangan avulla tehtävällä kolmipistetarkastuksella, jossa hitsausrobotti koskettaa hitsauslangalla tulppaa kolmesta kohdasta ja näin tarkistaa sen olevan oikeassa kohdassa.

Yhtenä korvaavana tulppa-aihiona oli tarkoitus käyttää pyöreää kuulaa, mutta käytettävissä ei ollut kuin runsaasti seostettuja laakerinkuulia. Niissä oli todennäköisesti suuri hiili- ja kromipitoisuus, mikä lisää merkittävästi karkenevuutta heikentäen kappaleiden hitsattavuutta ja muodostaa kovia kromi-karbideja. Hitsauksessa käytetty hitsauslanka ei soveltunut hyvin kyseiselle tuntemattomalle seosmateriaalille. Pyöreän kuulan etuna olisi ollut se, että oltaisiin voitu automatisoida helpommin tulpan asettelu ja suurempi hitsausviiste.

6 MATERAALITUTKIMUS

Materiaalitutkimuksilla tutkitaan materiaalin käyttäytymistä ja ominaisuuksia. Tutkimukset voidaan jakaa rikkoviin ja rikkomattomiin menetelmiin. Rikkovassa menetelmässä kohteesta rikotaan tutkittava kohde tutkimuksia varten. Rikkomattomissa menetelmissä tutkittava kohde voidaan ottaa tarkastuksen jälkeen uudelleen käyttöön. Tässä työssä tutkittiin hitsausliitoksen kovuutta rikkovalla menetelmällä.

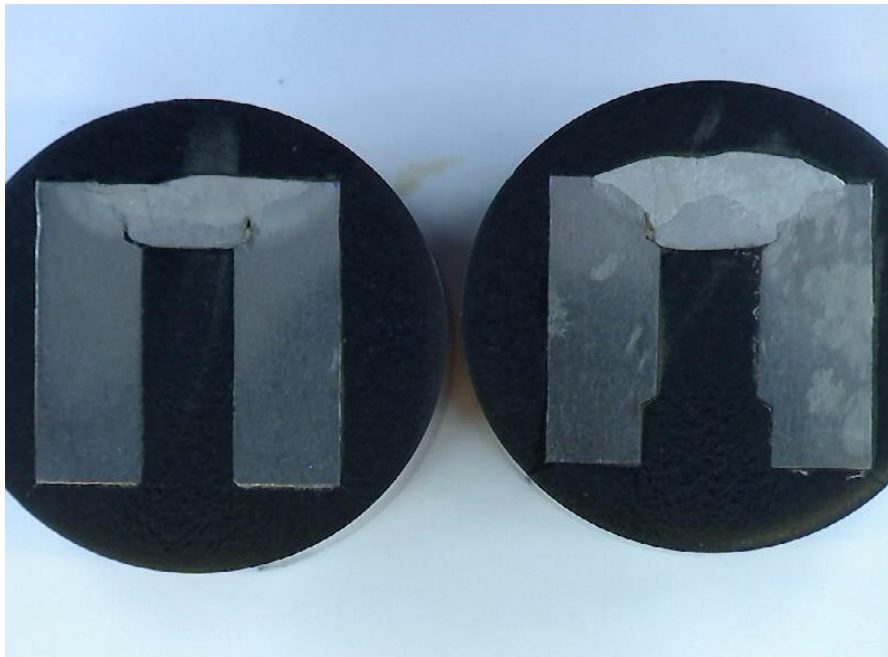
6.1 Hieen valmistus

Hieet valmistettiin käsin TIG-hitsatuista ja robotilla MIG/MAG-menetelmällä hitsatuista koekappaleista. Koekappaleet leikattiin auki vannesahalla, jotta koekappaleet eivät lämpenisi. Näin vältettiin mahdolliset mittausrvirheet. Hieet valmistettiin standardin SFS-EN ISO 17639 mukaisesti alla olevassa kuvassa olevilla laitteilla (kuva 10).



Kuva 10. Hien valmistuslaitteisto (Pyykönen, 2016.)

Alla olevasta kuvasta (kuva 11) näkyy selvästi hitsausprosessin erot hitsin tunkeuman osalta. Halkeamia tai huokosia ei löytynyt kummastakaan koekappaleen näytteestä.



Kuva 11. Vasemmalla TIG-hitsattu ja oikealla robotilla MIG/MAG-menetelmällä hitsattu koekappale (Pyykönen, 2016.)

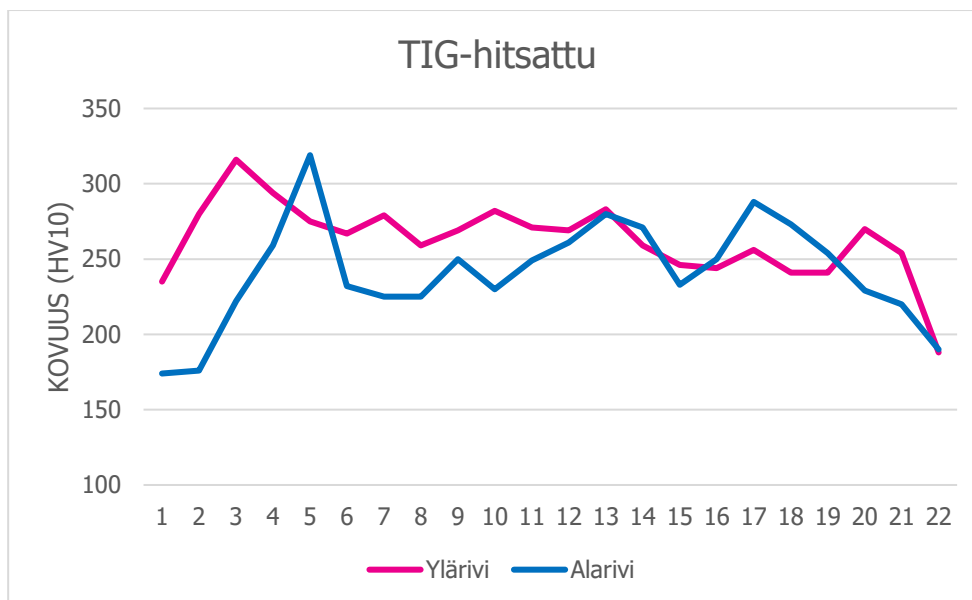
6.2 Kovuusmittaukset

Tässä tutkimuksessa koekappaleiden kovuus mitattiin Vickers-kovuuskokeella standardien ISO 9015-1 ja EN ISO 6507 mukaisesti. Mittaus toteutettiin alla näkyvällä DuranScan-20 Hardness Tester -laitteella (kuva 12). Mittalaitteen mittausvirhe on ± 7 HV10.

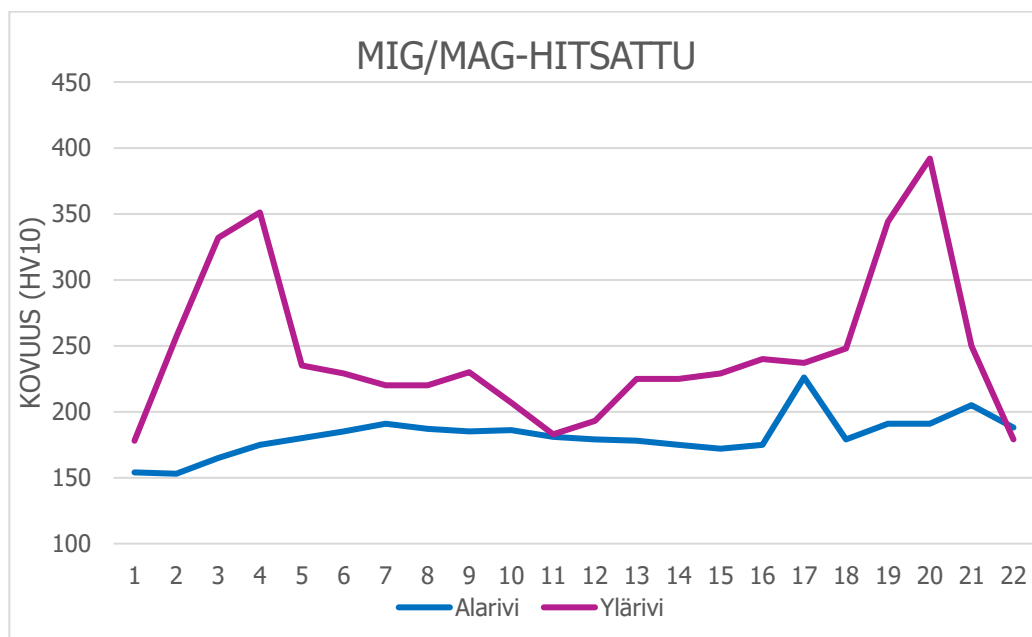


Kuva 12. Vickers -mittauslaite DuraScan20 Hardness tester (Pyykönen, 2016.)

Mittaus aloitettiin perusaineen puolelta, noin kaksi millimetriä kappaleen yläpinnan alapuolelta, minkä jälkeen kovuus mitattiin millimetrin välein kappaleen toiseen päähän asti. Alempi mittaus suoritettiin noin kaksi millimetriä tulpan alareunan yläpuolelta.



Kuvio 1. TIG-menetelmällä hitsatun kappaleen Vickers HV10 kovuus (Pyykönen, 2016.)



Kuvio 2. MIG/MAG-menetelmällä hitsatun kappaleen Vickers HV10 kovuus (Pyykönen, 2016.)

Mitatuista kovuuksista voidaan päätellä, että MIG/MAG-menetelmällä hitsaten muutosvyöhykkeestä tuli kovempi. Tulpan kohdalla puolestaan voidaan havaita pehmeyttä.

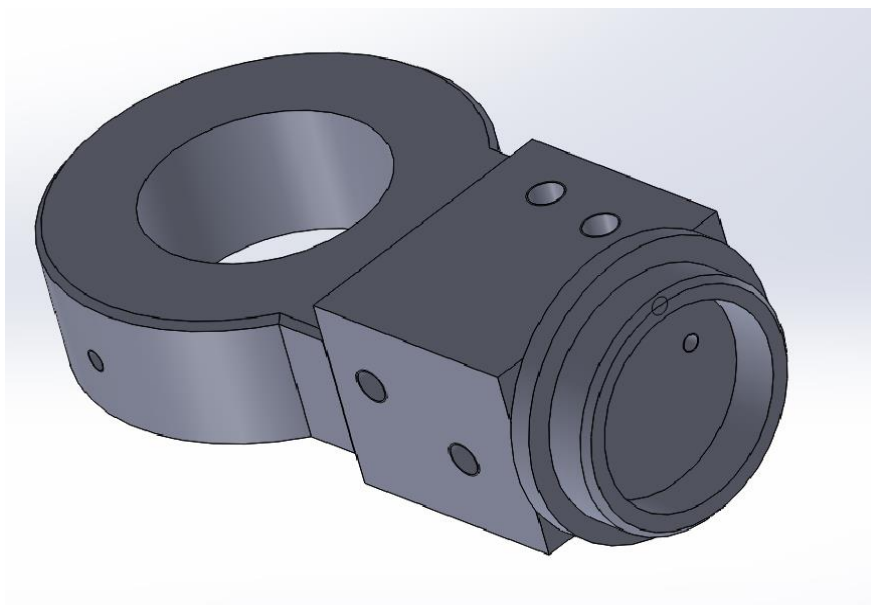
Vertailukohteena olleen TIG-menetelmän mittaukset taas kertovat, että kovuuden vaihtelu oli pienempää. TIG-hitsauksessa prosessiaika on paljon pitempi, joten sen seurauksena lämpö leviää enemmän perusaineen puolelle ja jäähtyy hitaammin hitsauksen jälkeen. Tämä aiheuttaa kuvioissa (1, 2) näkyvät kovuserot muutosvyöhykkeellä.

7 HITSAUSSOLU

Kun tavoitellaan entistä pienempiä eräkokoja ja sarjoja, tuotantolaitteilta vaaditaan joustavuutta ja helppoa muokattavuutta. Robotisointi jaetaan yleensä neljään vaiheeseen. Aluksi tutkitaan projektin tarve, jonka ympärille voidaan lähteä suunnittelemaan laitteistoa. On myös selvítettävä vaihtoehtoisia laitteita, kuten manipulaattoreita ja automaattisia toimilaitteita. Hankintavaiheessa suunnitellaan järjestelmän toiminta ja yksityiskohdat sekä tehdään tarvittavat valmistuspiirustukset. Asennus- ja käyttöönottovaiheessa järjestelmä asennetaan ja otetaan tuotantokäyttöön. Käyttöönottovaiheessa järjestelmää pyritään hyödyntämään mahdollisimman tehokkaasti. Hitsausrobottisolun suunnittelu painottuu esisuunnittelu- ja hankintavaiheeseen. (Kuivanen, 1999, s. 92-93)

7.1 Alkutilanne

Sylinteriputken päätyjen (kuva 13) porakanavien tulppaushitsaaminen käsin on vaativaa ja kuormittavaa hitsaajalle. Hitsattavat tulpat ovat levyleikkurilla leikattuja n. 3mm paksuja kiekkoja. Hitsattava pinta-ala on hyvin pieni, minkä vuoksi hitsaus vaatii paljon tarkkuutta. Robottisolulla hitsattavia päätyjä on kohdeyityksessä useita tuhansia kappaleita vuodessa. Yhdessä päädyssä voi olla useita kohteita, jotka pitää tulpata hitsaamalla. Tällä perustella voidaan olettaa, että robottiaseman käyttöaste saadaan hyvinkin suureksi.



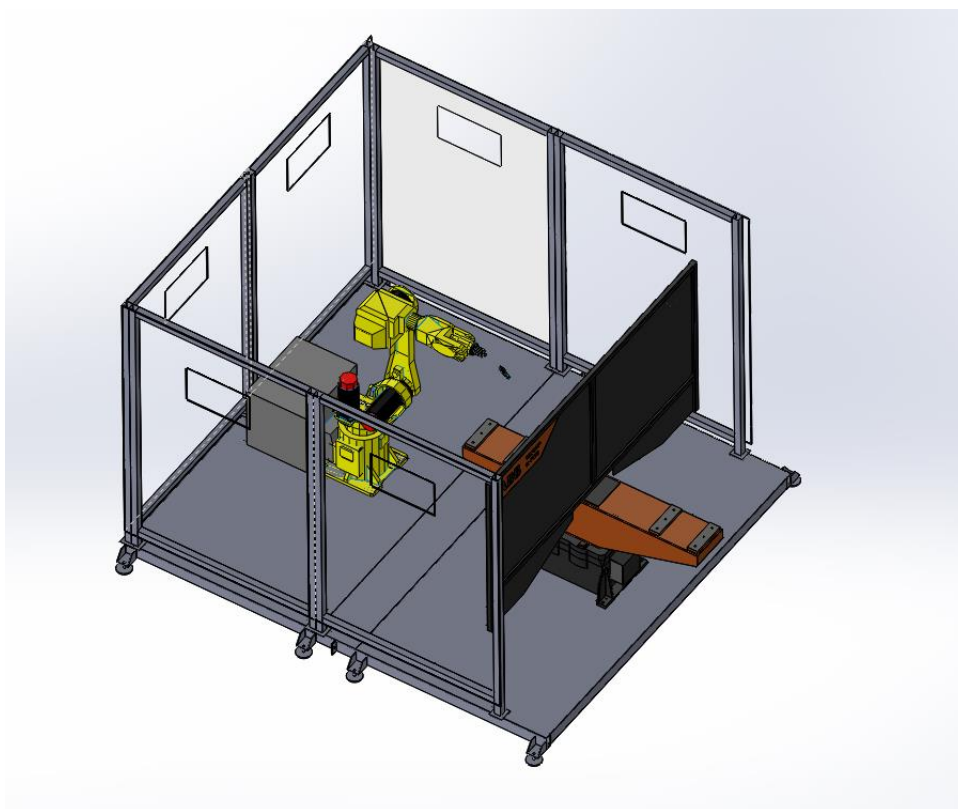
Kuva 13. Havainnekuva sylinteriputken päädyistä (Pyykönen, 2017.)

Hitsaussolun suunnittelu aloitettiin Fanucin ARC Mate 120i -robotin ympärille, koska yrityksessä on jäänyt kyseinen robotti ylimääräiseksi toisesta tuotantosolusta. Robotti on varusteltu alun perin kap-

paleenkäsittelylaitteilla, mutta se on muokattavissa helposti hitsausrobotiksi. Robotin rinnalle suunniteltiin käytettäväksi kääntöpöytää. Toiveena oli myös, että solu olisi helposti siirrettävissä tuotantotilan sisällä.

7.2 Robottisolun valmistus

Suunnittelin robottisolun (kuva 14), jonka runko on valmistettu tukevista metallipalkeista. Runko on purettavissa kahteen erilliseen osaan, mikä helpottaa solun siirtämistä tuotantotilan sisällä. Robotin ympärille on sijoitettu suojaseinät ja käyntiovi, jotka estävät pääsyn robotin lähelle ja suojaavat hitsauksen aikana syntyvältä valokaarelta. Solu tuetaan lattiaa vasten erillisillä tassuilla, joita voidaan säätää lattian epätasaisuuksien mukaan. Robotissa riittää hyvin ulottuvuutta hitsata usempi päätykappale samalla asetuksella.



Kuva 14. Hitsaussolun mallinnos (Pyykönen 2016.)

8 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli testata, voisiko TIG-hitsausprosessin sylinteriputken päätyjen tulppauksen korvata MIG/MAG-hitsausmenetelmällä ja automatisoida prosessia valmiina olevalla Fanucin robotilla. Työ aloitettiin hitsaamalla koekappaleet MIG/MAG-hitsausmenetelmillä Hit-Savonian tiloissa, kun TIG-hitsatut koekappaleet saatiin Hydroline Oy:ltä. Hitsauksen aikaisia parametreja ei valitettavasti saatu tallennettua muistiin tietoliikenneyhteyshäiriöiden takia.

Hitsaussolu mallinnettiin yrityksen antamien toiveiden pohjalta. Hitsausrobottisolun valmistus on perusteltua, mikäli koneen käyttöastetta saadaan pidettyä riittävän korkealla ja kappaleenkäsittely hoidettua.

Hitsauksen automatisointia voitaisiin mahdollisesti parantaa, jos käyttöön saataisiin tulpiksi pyöreitä kuulia. Ne ovat helpompia kappaleenkäsittelyn kannalta ja ne mahdollisesti parantaisivat itse hitsausprosessia. Koska kappaleenkäsittelyä jäi tämän työn ulkopuolelle, se olisi seuraava tärkeä kohde, mitä tutkia.

Työn laajuuden takia kaikkiin asioihin ei keretty perehtyä kovinkaan tarkasti, mutta tämän työn avulla saa hyvät pohjatiedot robotisoinnista MIG/MAG-hitsausmenetelmällä sylinteriputken päätyjen tulppauksen hitsaukseen. Työn tuloksena Hydroline Oy sai mallin hitsaussolusta sekä pohjatietoa siitä, miten projektia kannattaa jatkaa tulevaisuudessa. Projekti antoi kokonaisuudessaan hyödyllistä ja opettavaa kokemusta alan todellisista projekteista ja työtehtävistä.

LÄHTEET

AGA Ab. Saatavissa: http://www.aga.fi/internet.lg.lg.fi/fi/images/AGA%20MIG%20MAG%20Welding%20Brochure%202014%20FI634_122347.pdf

Esab Oy 2015. Hitsausmenetelmät [verkkojulkaisu]. Esabin osaamiskeskus. Saatavissa: <http://www.esab.fi/fi/fi/education/blog/hitsausmenetelmat.cfm>

Esab Oy 2015. MIG/MAG- hitsaus [verkkojulkaisu]. Esabin osaamiskeskus. Saatavissa: <http://www.esab.fi/fi/fi/education/blog/mig-mag-hitsaus.cfm>

Esab Oy 2015. TIG- hitsaus [verkkojulkaisu]. Esabin osaamiskeskus. Saatavissa: <http://www.esab.fi/fi/fi/education/blog/tig-hitsaus.cfm>

Hydroline Oy 2017. Saatavissa: <http://www.hydroline.fi/en/people/>

KEINÄNEN, Toimi, KÄRKKÄINEN, Pentti, METSO, Tommi ja PUTKONEN, K 2001. Logiikat ja ohjausjärjestelmät. Koneautomaatio 2. 1. Painos. Vantaa: WSOY

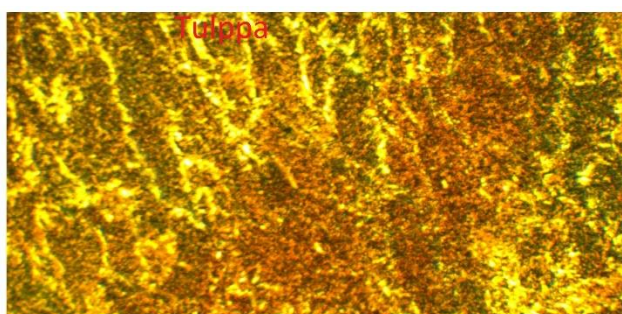
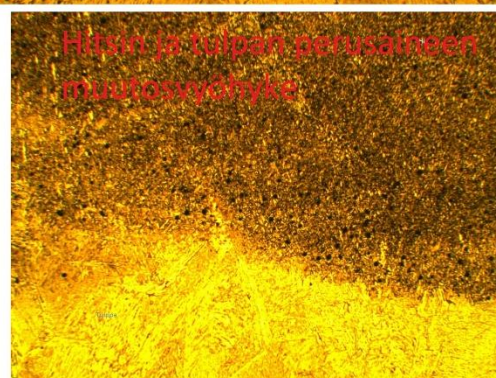
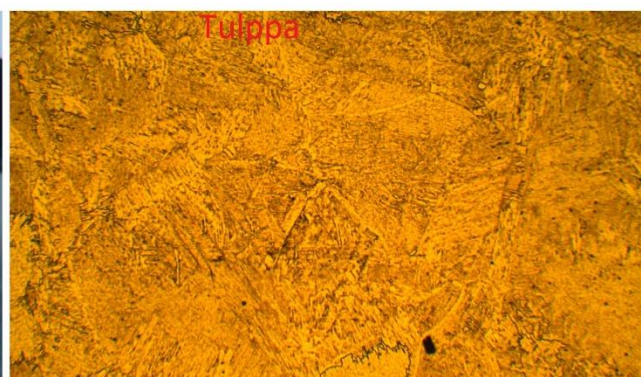
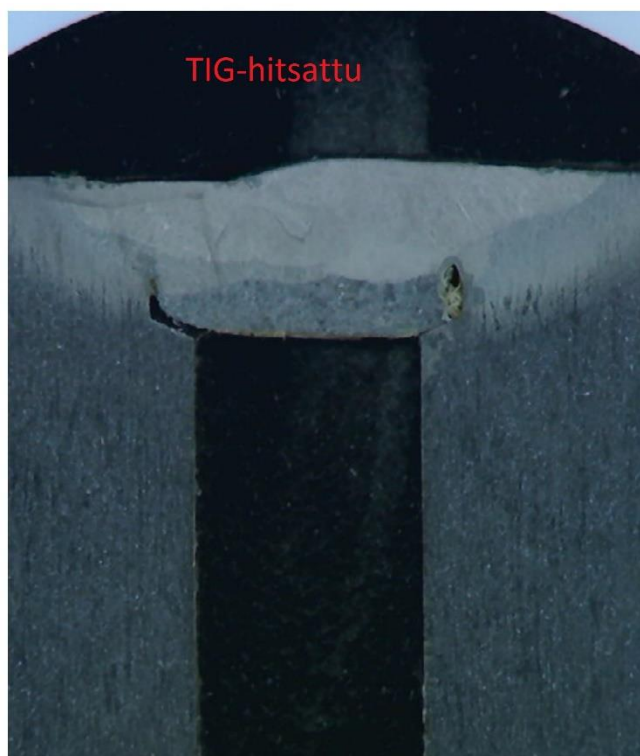
KUIVANEN, Risto. 1999. Robotiikka. Vantaa: Talentum Oyj/MetalliTekniikka

KUUSISTO, Tuomo. 2014. Käytännön ohjeita MIG/MAG -hitsaukseen. [verkkojulkaisu] 4. painos: Oy

KÄRKKÄINEN, Pentti, KEINÄNEN, Toimi, LÄHETKANGAS, Markku ja SUMUJÄRVI, Matti 2007. Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat. 1. painos. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy.

MAKKONEN, Matti & LEPOLA, Pertti. 2005. Hitsaustekniikat ja teräsrakenteet. 1. painos. WSOY

LIITE 1: HIEET



LIITE 2: HITSAUSPARAMETRIT

Langansyöttönopeus	11.4m/min
Valokaarenpituussäätö	3%
Pulssin korjaus	1,0
Prosessi	Pulssi
Hitsausnopeuden nimellisarvo	68,0 cm/min
Virran nimellisarvo	311 A
Virran alaraja	-10 A
Virran yläraja	10 A
Aloitusbirta	110%
Lopetusvirta	60%